



# **ENLACES QUIMICOS**

INTRODUCCIÓN A LA INGENIERIA DE  
MATERIALES - **2015717 – 1**  
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

PROFESOR: JAIME AGUILAR ARIAS

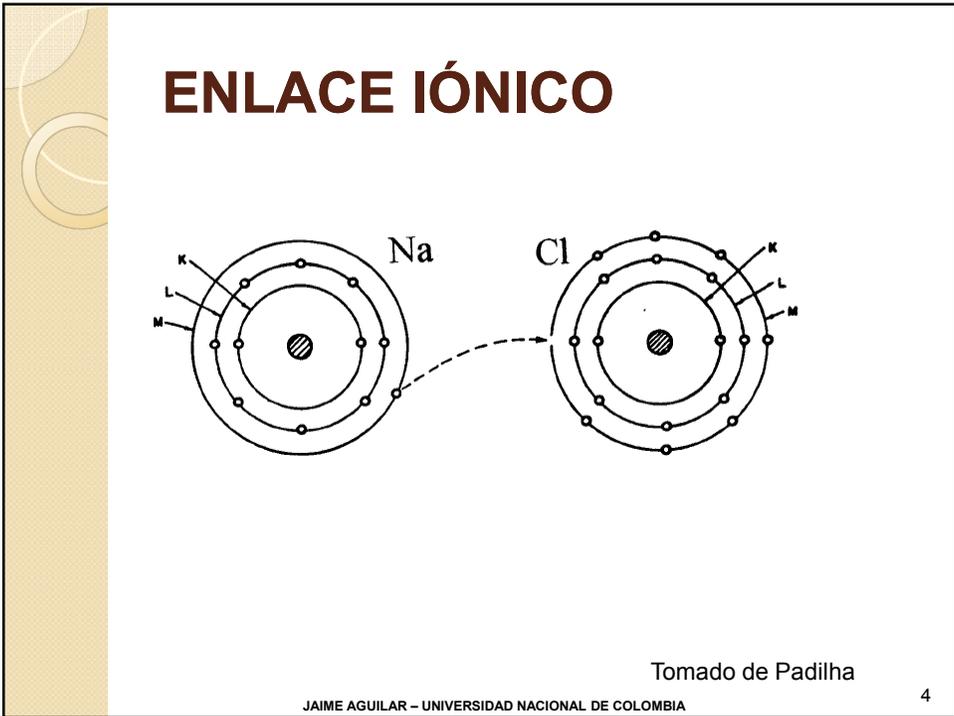
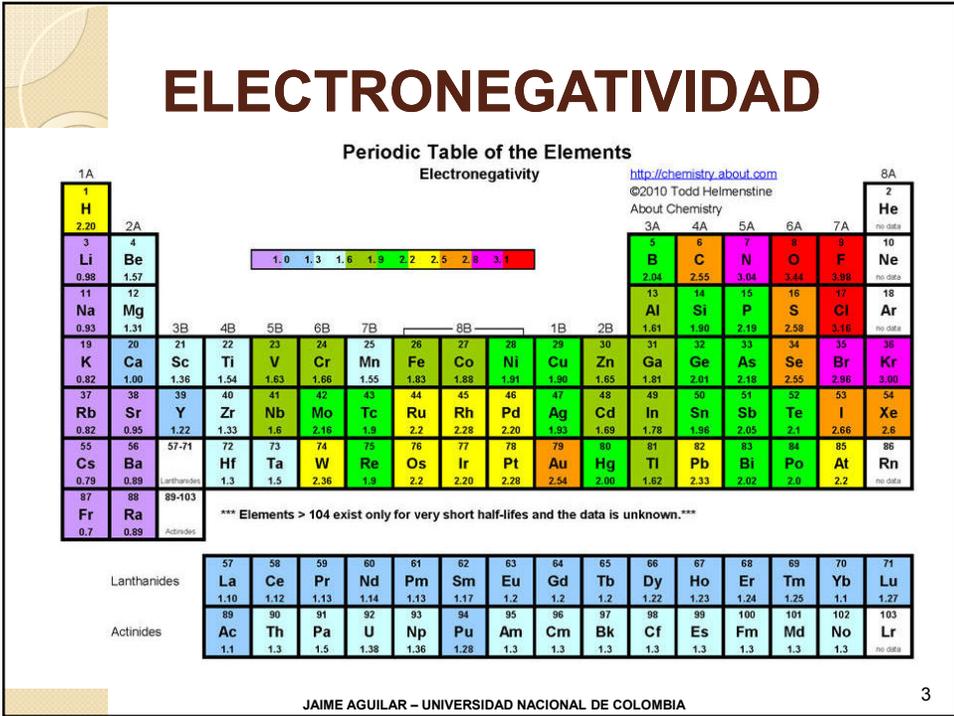
JAIME AGUILAR – UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA 1



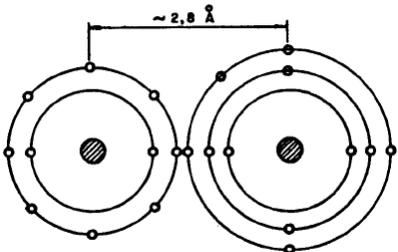
# **TIPOS DE ENLACES**

- ENLACES PRIMARIOS
  - IÓNICOS
  - COVALENTES
  - METÁLICOS
- ENLACES SECUNDARIOS
  - PUENTES DE HIDRÓGENO
  - FUERZAS DE DISPERSIÓN

JAIME AGUILAR – UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA 2



# ENLACE IÓNICO



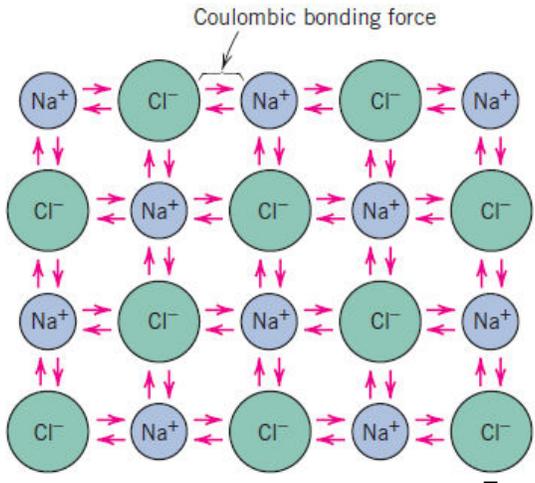
~ 2,8 Å

NaCl

Tomado de Padilha

JAIME AGUILAR – UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA 5

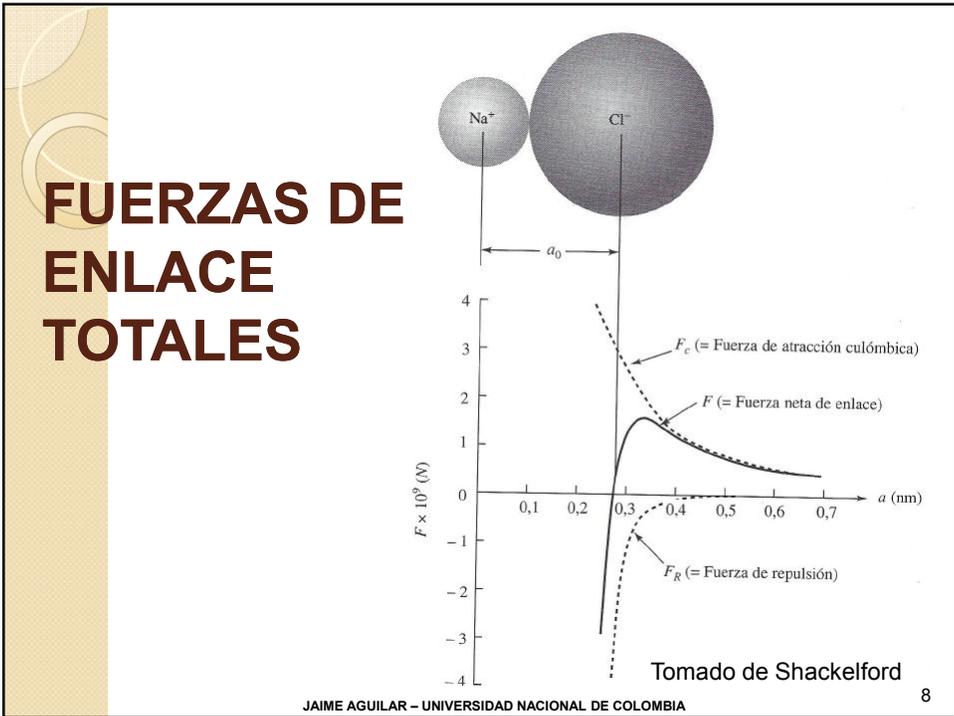
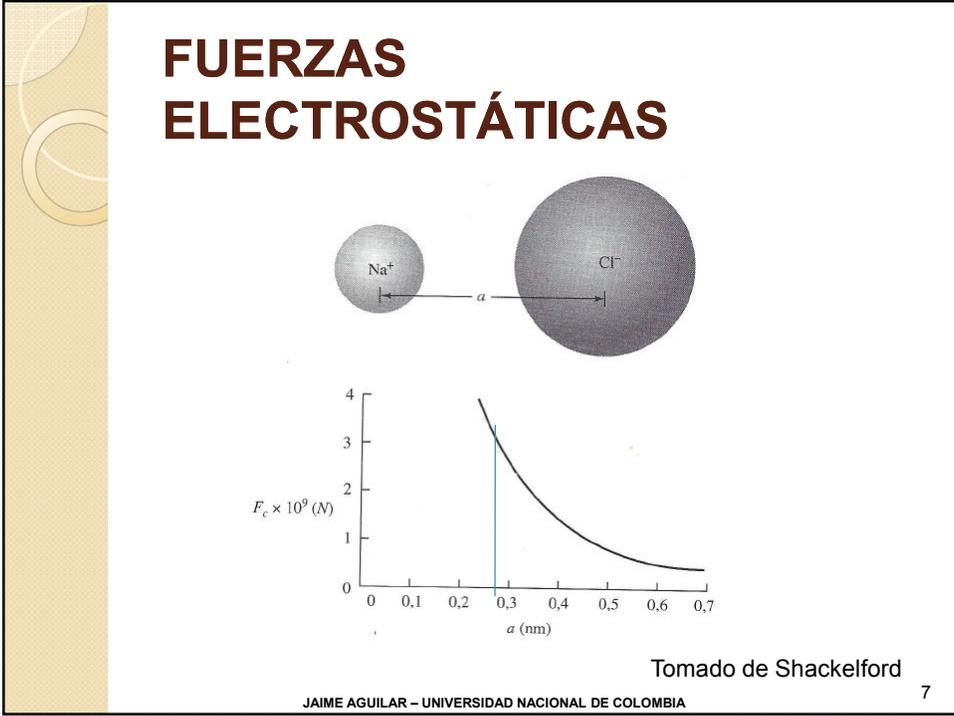
# ESTRUCTURA ENLACES IÓNICOS

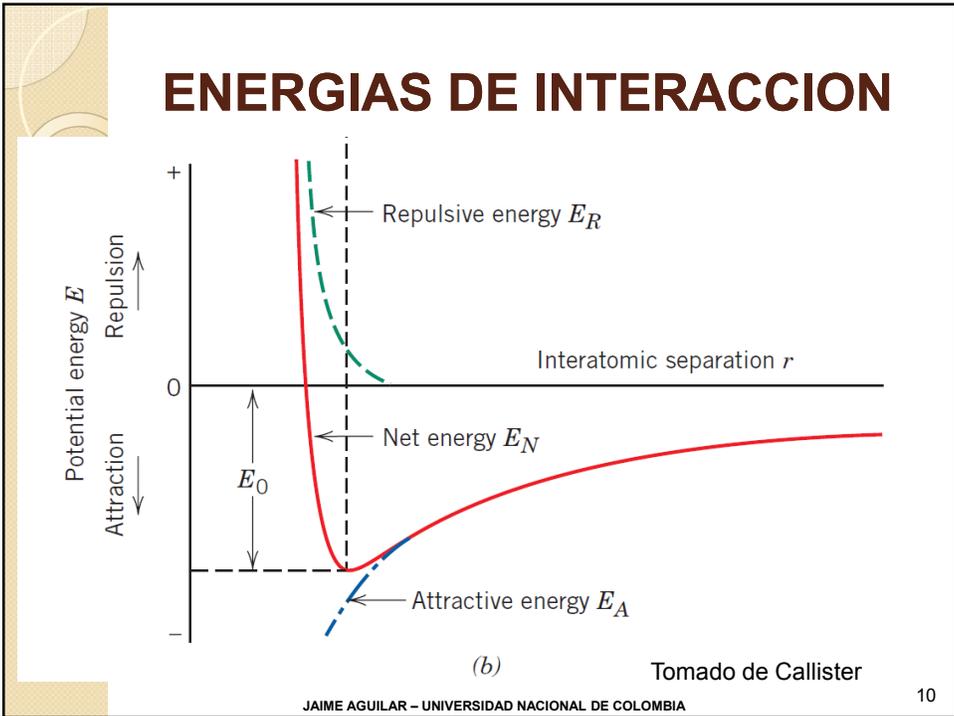
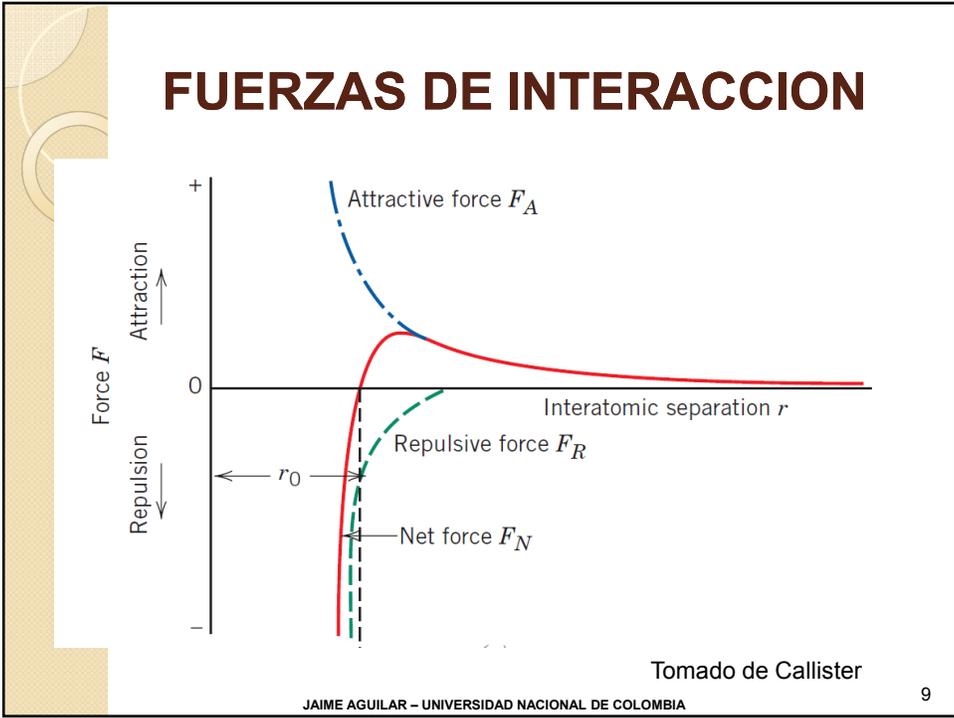


Coulombic bonding force

Tomado de Callister

JAIME AGUILAR – UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA 6





## CALCULAR FUERZAS

CALCULAR LA FUERZA DE ATRACCIÓN ENTRE UN ION DE SODIO Y UNO DE CLORO QUE SE ENCUENTRAN A UNA DISTANCIA DE 2.8 Å.

$$F_c = - \frac{k_c (Z_1 q)(Z_2 q)}{r^2}$$

$q = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$        $k_c = 9 \times 10^9 \frac{\text{V} \cdot \text{m}}{\text{C}}$   
 $1 \text{ Å} = 1 \times 10^{-10} \text{ m}$        $1 \text{ nm} = 1 \times 10^{-9} \text{ m}$

$F_c = 2.94 \times 10^{-9} \text{ N}$        $F_r = -2.94 \times 10^{-9} \text{ N}$

$F_c = 2.94 \times 10^{15} \text{ N/mol}$

JAIME AGUILAR – UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA 11

## ENLACE IONICO

Forming ionic bond

$r = 0.186 \text{ nm}$  (Na)       $r = 0.099 \text{ nm}$  (Cl)  
 $5.14 \text{ eV}$  Ionization energy       $-3.62 \text{ eV}$  Electron affinity  
 $r = 0.095 \text{ nm}$  ( $\text{Na}^+$ )       $r = 0.181 \text{ nm}$  ( $\text{Cl}^-$ )  
 .236 nm (bond length)

**Energy balance**  
 5.14 eV Ionization energy  
 -3.62 eV Electron affinity  
 -6.10 eV Coulomb attraction  


---

 -4.58 eV

But the dissociation energy of NaCl is measured to be -4.26 eV. The difference is +0.32 eV attributed to Pauli repulsion.

**Electric potential energy**  
 $\frac{-k_e e^2}{r} = \frac{-1.44 \text{ eV nm}}{0.236 \text{ nm}} = -6.1 \text{ eV}$

Tomado de <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/molecule/boneng.html>

JAIME AGUILAR – UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA 12

## CARÁCTER IÓNICO

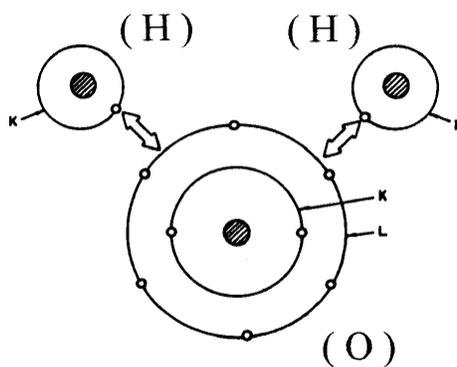
$$\% \text{ ionic character} = \{1 - \exp[-(0.25)(X_A - X_B)^2]\} \times 100$$

Donde  $X_A$  es la electronegatividad del más electronegativo, y  $X_B$ , la del menos

Ejemplo:

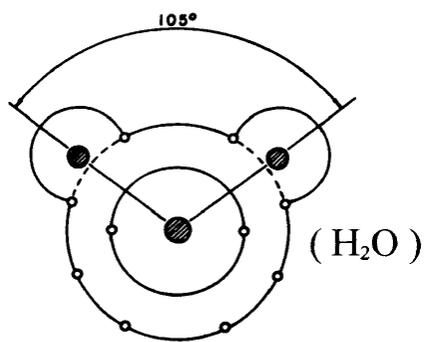
Calcular el carácter iónico de los enlaces para el NaCl.

## ENLACE COVALENTE



Tomado de Padilha

## ENLACE COVALENTE



Tomado de Padilha

JAIME AGUILAR – UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

15

**TABLA 2.2** ENERGÍAS Y LONGITUDES DE ENLACE PARA ENLACES COVALENTES REPRESENTATIVOS

Enlace	Energía de enlace <sup>a</sup>	
	kJ/mol	
	Longitud del enlace (nm)	
C–C	370 <sup>b</sup>	0,154
C=C	680	0,13
C≡C	890	0,12
C–H	435	0,11
C–N	305	0,15
C–O	360	0,14
C=O	535	0,12
C–F	450	0,14
C–Cl	340	0,18
O–H	500	0,10
O–O	220	0,15
O–Si	375	0,16
N–H	430	0,10
N–O	250	0,12
F–F	160	0,14
H–H	435	0,074

\* Valores aproximados, los valores reales dependen de los enlaces adyacentes.

Tomado de Shackelford

JAIME AGUILAR – UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

16

## ESTRUCTURAS ENLACES COVALENTES

The diagram illustrates the process of cross-linking in a polymer network. On the left, a tangled mass of polymer chains is shown with small dots representing water molecules. Labels 'polymer' and 'water' point to these respective components. An arrow labeled 'physical or chemical cross-linking' points to the right, where the polymer chains are now interconnected by horizontal and vertical lines, forming a grid-like structure. Labels 'cross-link' and 'cross-linked polymer network' point to these connections and the resulting structure.

JAIME AGUILAR – UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

17

## ENLACE METÁLICO

The diagram shows two sodium (Na) atoms. Each atom has a central nucleus and three concentric electron shells. The shells are labeled 'K', 'L', and 'M' from innermost to outermost. The outermost shell (M) contains one electron, which is shown being shared with the other atom, represented by a dashed line connecting the two outer shells. This illustrates the metallic bond where valence electrons are delocalized.

Tomado de Padilha

JAIME AGUILAR – UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

18

# ENLACE METÁLICO

~3,9 Å

Tomado de Padilha

JAIME AGUILAR – UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA 19

# ENLACE METÁLICO

Ion cores

Sea of valence electrons

Tomado de Callister

JAIME AGUILAR – UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA 20

**TABLA 2.3 CALORES DE SUBLIMACIÓN (A 25 °C) DE ALGUNOS METALES Y SUS ÓXIDOS**

Metal	Calor de sublimación	Óxido metálico	Calor de sublimación
	kJ/mol		kJ/mol
Al	326		
Cu	338		
Fe	416	FeO	509
Mg	148	MgO	605
Ti	473	TiO- $\alpha$	597
		TiO <sub>2</sub> (rutilo)	639

FUENTE: Datos de *JANAF Thermochemical Tables*, 2nd ed., National Standard Reference Data Series, Natl. Bur. Std. (U.S.), 37 (1971), y Suplemento en *J. Phys. Chem. Ref. Data* 4 (1), 1-175 (1975).

Tomado de Shackelford

21

JAIME AGUILAR – UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

**Table 2.3 Bonding Energies and Melting Temperatures for Various Substances**

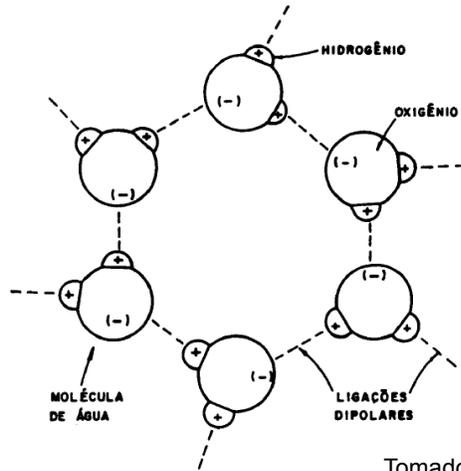
Bonding Type	Substance	Bonding Energy		Melting Temperature (°C)
		kJ/mol	eV/Atom, Ion, Molecule	
Ionic	NaCl	640	3.3	801
	MgO	1000	5.2	2800
Covalent	Si	450	4.7	1410
	C (diamond)	713	7.4	>3550
Metallic	Hg	68	0.7	-39
	Al	324	3.4	660
	Fe	406	4.2	1538
	W	849	8.8	3410
van der Waals	Ar	7.7	0.08	-189
	Cl <sub>2</sub>	31	0.32	-101
Hydrogen	NH <sub>3</sub>	35	0.36	-78
	H <sub>2</sub> O	51	0.52	0

Tomado de Callister

22

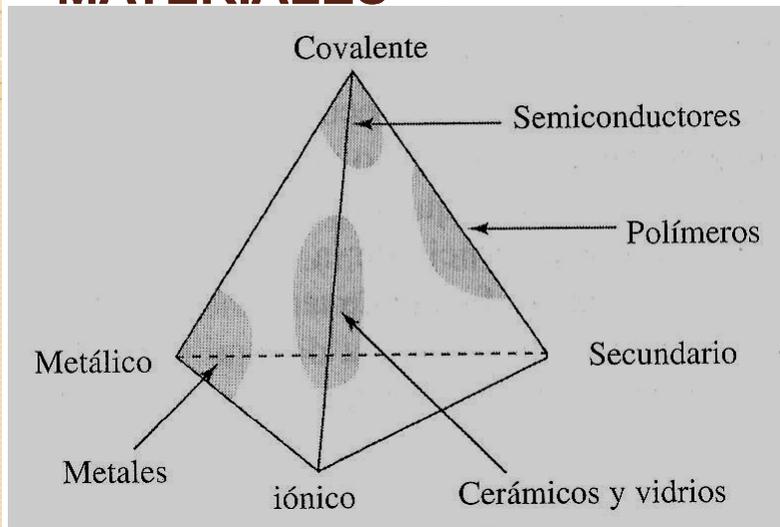
JAIME AGUILAR – UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

# ENLACES SECUNDARIOS PUENTES DE HIDRÓGENO



Tomado de Padilha

# ENLACES EN LOS MATERIALES



Tomado de Shackelford