



## IL TELERISCALDAMENTO

Fa parte di:



Con il contributo di:



Responsabile Scientifico:



ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Partner:



Partner:



---

## Sommario

1	Teleriscaldamento .....	3
2	Teleriscaldamento e Programmazione Matematica .....	4
3	Attività del progetto .....	6
4	Approfondimento tecnico .....	9
4.1	Caratteristiche di una rete di TLR e rappresentazione mediante grafo .....	9
4.2	Modelli della rete .....	10
4.3	Differenze fondamentali tra i modelli dei due problemi.....	12
5	Risultati della sperimentazione .....	14

Fa parte di:



Con il contributo di:



Responsabile

Scientifico:

ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Partner:



Partner:



## 1 Teleriscaldamento

Il teleriscaldamento (nel seguito sovente indicato come TLR) è una forma di riscaldamento che consiste nella distribuzione, mediante una rete di tubazioni isolate e interrato, di un fluido termo-vettore (acqua calda, acqua surriscaldata o vapore) da una centrale di produzione alle utenze e successivamente ricondotto alla centrale stessa. Le centrali di produzione possono sfruttare diversi combustibili per produrre il calore necessario; la produzione di calore può essere anche associata a quella di energia elettrica (cogenerazione).

A destinazione, il fluido termo-vettore riscalda, attraverso uno scambiatore di calore, l'acqua dell'impianto di riscaldamento dell'abitazione. Lo scambiatore di fatto sostituisce la caldaia o le caldaie e può produrre anche acqua ad uso sanitario.

La scelta di realizzare reti di produzione e distribuzione di energia basate su questa tecnologia ha avuto larga diffusione a partire dagli anni '50 nei paesi del Nord Europa e le motivazioni dell'interesse sono di facile individuazione.

Se infatti la produzione di calore viene centralizzata in un ridotto numero di impianti anziché demandarla alle tradizionali caldaie domestiche, è possibile ottenere:

- un'efficienza sensibilmente maggiore e dunque una drastica riduzione dei costi della produzione stessa;
- un uso ottimale del combustibile;
- una riduzione delle emissioni inquinanti ed in definitiva una serie di benefici per l'ambiente;
- la diminuzione di una serie di problematiche di sicurezza legate alla presenza, nelle abitazioni, di caldaie a gas.

I vantaggi sia economici che ambientali sono ancora più evidenti, se si considera che –al pari di altre modalità di produzione di energia caratterizzate da un favorevole impatto ambientale– il ricorso ad impianti di TLR gode solitamente di incentivi e che frequentemente il calore è prodotto in impianti a cogenerazione, dunque unitamente ad energia elettrica che può essere venduta.

Fa parte di:

Con il contributo di:

Responsabile

Scientifico:

Partner:

Partner:

## 2 Teleriscaldamento e Programmazione Matematica

Il teleriscaldamento si pone dunque come un'alternativa fortemente competitiva ai sistemi più tradizionali di produzione e distribuzione del calore, fatto che spiega l'utilizzo –in particolare negli ultimi decenni– di tecniche derivate dalla Programmazione Matematica per l'ottimizzazione dei principali aspetti impiantistici inerenti la progettazione e la gestione di un sistema di TLR.

La Programmazione Matematica o Ottimizzazione Combinatoria (nel seguito OC) è una branca della Matematica Applicata che si propone di rappresentare problemi decisionali di grande complessità: in sintesi, dato un sistema complesso, esso viene rappresentato, mediante vincoli (equazioni e/o disequazioni matematiche), tanto negli elementi costitutivi, quanto in quelli inerenti le decisioni logistico-organizzative che occorre prendere nel processo di gestione del sistema stesso; quindi, il ricorso a sofisticati motori di calcolo risolve algoritmicamente il sistema di vincoli così ottenuto (detto *modello*) convergendo verso la soluzione ritenuta ottima rispetto a predeterminati criteri di costo. La generalità dell'approccio matematico consente di variare pressochè a piacimento sia il grado di dettaglio di rappresentazione del sistema, che i criteri di ottimalità delle possibili soluzioni, mentre la potenza dei motori di calcolo, unita a quella ormai raggiunta dai moderni elaboratori, permette di affrontare agevolmente problemi decisionali di grande complessità.

Il ricorso a tecniche di OC nell'ambito di sistemi di TLR avviene tipicamente in due momenti:

[1] in fase di progettazione di una nuova rete.

Dopo aver studiato le possibili aree interessate all'erogazione del servizio e la domanda energetica delle stesse, è possibile ricorrere a tecniche di ottimizzazione come supporto decisionale nell'attivazione degli impianti e nella stesura della rete, in modo da determinare la configurazione della stessa (quali impianti attivare e di che tipo; come stendere la rete di tubazioni) che consenta di veicolare in modo ottimo il calore prodotto alle aree target e i livelli ottimali di temperatura dell'acqua. Questo problema, in cui entrano in gioco numerosi fattori (per esempio i costi di produzione dell'energia a seconda delle tecnologie adottate, nonché i costi per i componenti costitutivi della rete idrica, tra cui spiccano gli

Fa parte di:

Con il contributo di:

Responsabile

Scientifico:

Partner:

Partner:

elementi di pompaggio), è molto noto nella letteratura specifica, ed è tipicamente statico e di natura prettamente strategica (analisi strategica di lungo termine): l'aspetto economico rilevante, infatti, è quello dell'ottimizzazione dell'investimento;

[2] in fase operativa, concernente cioè le decisioni che il personale di servizio deve prendere con granularità temporale molto ristretta (tipicamente oraria), a riguardo della quantità di calore che ciascuna delle unità di produzione del calore deve fornire, l'accensione e lo spegnimento di queste, come pure l'accensione e lo spegnimento degli impianti di pompaggio e i livelli di temperatura ai quali tale calore deve essere prodotto.

Il problema è stavolta fortemente dinamico, parte da una rete già esistente e l'aspetto economico rilevante (e dunque affrontato con tecniche di ottimizzazione) è quello di minimizzare i costi per soddisfare il profilo orario di richiesta di calore di una clientela già consolidata, tenendo conto dei vincoli fisici (dinamiche idrauliche e di propagazione del calore) che la rete impone, ma anche delle sue possibilità operative (serbatoi di calore, capacità dei dispositivi di pompaggio).

Appare evidente come i due filoni rappresentino due estremi opposti d'indagine.

Da un lato abbiamo l'analisi strategica volta a determinare quale sia il modo ottimo di allestire una rete non ancora esistente, che cioè rappresenti l'investimento migliore: aspetto strategico, orizzonte temporale lungo, studio delle peculiarità della zona di installazione, valutazioni aggregate (e dunque non dinamiche) sulla domanda energetica della zona stessa. Dall'altro si colloca invece il problema dinamico di far fronte in modo ottimo al profilo di domanda, definito con granularità oraria (quando non ancor più ridotta), di un'utenza già consolidata e distribuita sul territorio in modo capillare, attraverso una rete già esistente e avente proprie peculiarità fisiche e topologiche.

Fa parte di:

Con il contributo di:

Responsabile

Scientifico:

Partner:

Partner:

### 3 Attività del progetto

Le attività del progetto INNOVAMI – Modulo 5 hanno come contesto applicativo specifico le reti di medio-piccola dimensione (intendendo così designare reti al di sotto delle 10.000 unità immobiliari equivalenti servite o reti di microgenerazione con una dimensione di impianto inferiore ai 10MW) e a scala locale o regionale.

Esse infatti sono caratterizzate da una elevata complessità tecnologica e presentano numerosi problemi di ottimizzazione sia in fase di progettazione per la pianificazione ed il dimensionamento di nuove sottoreti, sia in fase di gestione operativa. In particolare, sebbene detti problemi siano noti e studiati nella Letteratura dell'OC, questa è principalmente dedicata a reti tradizionali in cui il ruolo della cogenerazione non viene affrontato in modo approfondito.

Inoltre, l'applicazione delle metodologie in contesti territoriali specifici comporta invariabilmente la considerazione di aspetti peculiari che influenzano considerevolmente l'applicabilità pratica degli studi condotti a casi differenti da quelli originari.

I diversi fabbisogni tecnologici che accomunano i gestori di rete di medio-piccola dimensione portano ad individuare due distinti sottoproblemi:

problema  $P^1$ : definizione di modelli in grado di evidenziare costi/benefici operativi per il supporto alle politiche commerciali relative allo sviluppo dell'allacciamento di nuovi utenti alla rete termica;

problema  $P^2$ : definizione di modelli per il supporto alle decisioni per la risoluzione di problemi di dispatching e di unit commitment sia strategico sia operativo nelle reti termiche ed elettriche in un contesto in cui siano presenti centrali autonome a cogenerazione e trigenerazione. In particolare si è interessati ad esaminare le politiche di coordinamento nel governo dei singoli impianti al fine di un'ottimizzazione globale delle emissioni e dei consumi.

Fa parte di:

Con il contributo di:

Responsabile

Scientifico:

Partner:

Partner:

Il problema  $\mathbb{P}^1$  ha abbastanza chiaramente una collocazione intermedia tra i due filoni della letteratura della OC [1] e [2] precedentemente evidenziati. Per motivi legati a ciascuno degli aspetti già emersi, si ha come conseguenza che:

- l'eventualità di allacciare un nuovo utente potenziale ad una rete già esistente è incrementale alla rete stessa, dunque l'aspetto decisionale non riguarda né la progettazione di un sistema ex-novo, ma neppure lo svolgimento di un servizio in una rete già completamente definita. E questo vale sia, banalmente, in un'ottica più specificamente fisico-topologica, che dal punto di vista della qualità del servizio: la presenza di un nuovo cliente non può degradare il servizio offerto ai clienti preesistenti;
- lo studio che deve essere condotto prevede un'analisi statica: al nuovo cliente deve essere infatti garantito il valore di picco del suo profilo di richiesta di calore, anche nell'ipotesi che esso corrisponda al momento di carico di punta del resto della rete. Inoltre, le considerazioni che devono guidare nella ricerca della soluzione ottima sono strategiche, non operative: occorre valutare se convenga allacciare il nuovo utente e in quale modo sia preferibile allacciarlo. Ciò nonostante, l'analisi non può prescindere completamente dalla valutazione operativa del modo in cui l'allacciamento del nuovo cliente impatta il comportamento fisico del sistema.

Tali considerazioni valgono a maggior ragione nel caso più specifico di  $\mathbb{P}^1$ , quando cioè occorre decidere non di uno ma di un gruppo di nuovi utenti potenziali e dunque la decisione è, più in generale, quali clienti è conveniente (nel senso dell'investimento) aggiungere alla rete e quali no e, di quelli su cui si decide di investire, le modalità di allacciamento.

L'aspetto preminente di  $\mathbb{P}^1$  rimane quello fisico. Infatti, anche se l'ipotesi di analisi in condizioni di carico di punta cui si è accennato poc'anzi consente uno studio del sistema in condizioni stazionarie, la verifica dell'impatto che l'allacciamento di un nuovo cliente ha sulla rete non può prescindere da una rappresentazione della fisica della rete (seppur eventualmente semplificata), mediante un insieme strutturato di vincoli che impongano il rispetto delle leggi fisiche che governano gli aspetti energetici, termici e idraulici del fenomeno in gioco. Questo avvicina  $\mathbb{P}^1$  maggiormente al secondo filone –dei due precedentemente delineati– di esperienze in cui l'OC si è messa al servizio dello studio di sistemi di TLR: è in

Fa parte di:

Con il contributo di:

Responsabile

Scientifico:

Partner:

Partner:

esso che si è svolta la ricognizione della letteratura specifica effettuata nella fase istruttoria dello studio del problema.

Va evidenziato, comunque, che la natura intermedia del problema  $\mathbb{P}^1$  ha fatto sì che i numerosi spunti reperibili in letteratura, pur consentendo di tracciare le linee guida di modellazione fisico-matematica di un sistema di TLR, non riuscissero a suggerire uno schema modellistico di riferimento, perchè il problema decisionale definito da  $\mathbb{P}^1$ , che pure presenta punti in comune con quelli già noti e documentati, sembra non avere precedenti e dunque ha richiesto un approccio pressoché nuovo.

Il contesto decisionale del problema  $\mathbb{P}^2$  è diverso: le utenze sono consolidate ed è noto il profilo di servizio (richiesta di temperatura e calore) di ciascuna lungo un prestabilito orizzonte temporale breve – tipicamente giornaliero e l'obiettivo è tipicamente quello di minimizzare l'utilizzo di risorse impiegate per il funzionamento del sistema, nel rispetto dei vincoli che suddetti profili impongono. L'approccio a questo secondo problema è ben più complesso rispetto al primo, perché il modello di ottimizzazione deve essere in grado di riprodurre le complesse dinamiche termiche ed idrauliche di un sistema di TLR in condizioni di normale funzionamento, nonché le leggi che governano l'operatività delle centrali di produzione del calore impiegate nello specifico sistema in esame in termini di efficienza, bilanci di potenza, ecc. Differentemente dal primo caso, però, per lo sviluppo di un modello per il problema  $\mathbb{P}^2$  è stato possibile avvalersi di un corposo numero di studi precedentemente condotti (quasi tutti nel Nord Europa) nel settore dell'ottimizzazione operativa della gestione giornaliera di un sistema di TLR.

Fa parte di:

Con il contributo di:

Responsabile

Scientifico:

Partner:

Partner:

## 4 Approfondimento tecnico

### 4.1 Caratteristiche di una rete di TLR e rappresentazione mediante grafo

Gli elementi costitutivi di una rete di TLR sono generalmente:

- uno o più impianti (nel seguito anche *plants*), in cui il calore viene prodotto e ceduto al fluido termovettore – che nella maggior parte dei casi reali è acqua calda
- un insieme di clienti, assimilabili agli scambiatori di calore che presso di loro vengono installati: l'acqua calda che raggiunge l'abitazione e dunque lo scambiatore di un cliente, cede tramite esso calore all'acqua dell'impianto domestico di riscaldamento
- altri elementi di minore importanza (serbatoi inerziali di calore, impianti di pompaggio esterni agli impianti di produzione del calore, ...)
- una rete di tubazioni (nel seguito anche *pipes*) che portano l'acqua calda agli scambiatori-clienti, rete che ha alcune caratteristiche rilevanti da un punto di vista topologico:
  - la rete si può partizionare in una sottorete detta di *mandata*, ed una detta di *ritorno*: la prima è quella deputata al trasporto dell'acqua calda ai clienti, la seconda è invece quella che ritorna all'impianto il fluido stesso, raffreddato in seguito alla cessione di calore. Le tubazioni della rete di mandata e quelle della rete di ritorno vengono usualmente stese in modo accoppiato e, altrettanto usualmente una pipe di mandata e la corrispondente di ritorno condividono caratteristiche fisiche (per esempio in termini di coibentazione) e geometriche (diametro, lunghezza, ...)
  - la rete di mandata (e specularmente quella di ritorno) contempla dei punti, detti *tee*, in cui un ramo di tubatura si dirama (tee di diramazione) o due rami confluiscono in uno (tee di confluenza); per effetto di questo, non è sufficiente una struttura ad albero per rappresentare la rete, che prevede anche delle cosiddette *magliature*
  - i nodi significativi di una rete di questo tipo sono sempre sdoppiabili in uno di mandata e uno corrispondente di ritorno sempre strettamente legati dal punto di vista dello stato termico-idraulico;

Fa parte di:

Con il contributo di:

Responsabile

Scientifico:

Partner:

Partner:

per cui, volendo dare una rappresentazione topologica (eventualmente georeferenziata) della rete, è possibile dare traccia della sola rete di mandata

L'approccio più naturale alla soluzione di problemi di OC in reti di TLR, sia per quanto concerne gli aspetti di network design (progettazione della rete) che quelli di operational planning (pianificazione delle operazioni giornaliere di funzionamento), è quello dato dalla Teoria dei Grafi, specializzata nella rappresentazione dei sistemi con forte connotazione topologica. Un grafo  $G = (V, A)$  è dato da un insieme  $V$  di nodi connessi da un insieme di archi  $A$ : un'astrazione che ben si presta a rappresentare elementi interconnessi da una rete; una rete di TLR può essere compiutamente rappresentata mediante grafo, purchè si faccia corrispondere:

- un nodo del grafo a ciascuno dei punti della rete necessari a determinarne completamente lo stato termico-idraulico in un dato istante. Risulta che i nodi significativi in tal senso sono appunto l'impianto (o più in generale gli impianti), i clienti, e le tee di diramazione e di confluenza
- un arco del grafo ad ogni pipe e ad ogni scambiatore-cliente, cioè ad ogni tratto in cui si ha transito di fluido.

#### 4.2 Modelli della rete

Per entrambe i problemi, il modello di ottimizzazione consta di due tipologie di vincoli:

1. relazioni descrittive degli aspetti fisici peculiari della rete, necessarie per descriverne lo stato;
2. relazioni rappresentative degli aspetti decisionali del problema, in cui quindi troviamo variabili appartenenti ad un set di cosiddette variabili decisionali perché modellano le decisioni da prendere in merito ora alla progettazione, ora alla gestione del sistema.

Appartengono al primo dei due set di vincoli tutte le relazioni descrittive degli aspetti fisici di una rete di TLR:

- relazioni di scambio termico
- relazioni che legano portata in massa d'acqua lungo ciascuna pipe alla caduta di pressione ai capi della stessa

Fa parte di:

Con il contributo di:

Responsabile

Scientifico:

Partner:

Partner:

- relazioni che accoppiano grandezze termiche (quantità di calore prodotte all'impianto, quantità di calore cedute ai clienti, temperature nei nodi della rete, ...) e grandezze idrauliche (portate in massa lungo le pipe, cadute di pressione)
- vincoli operativi (valori massimi e minimi che il sistema può sostenere in termini di temperatura e di pressione, valore minimo di caduta di pressione che deve essere garantito ad un cliente per aversi il corretto funzionamento dello scambiatore)
- nell'eventualità di aversi centrali a cogenerazione, relazioni che legano la produzione termica a quella di energia elettrica
- bilanci di potenza (termica, idraulica, elettrica)
- bilanci di massa
- quantificazione economica (costo) della produzione di calore e del pompaggio idraulico
- sempre nel caso di impianti a cogenerazione: quantificazione del ricavo derivante dalla vendita di energia elettrica prodotta

Appartengono al secondo gruppo tutte le relazioni che esplicitano in forma matematica le decisioni da prendere.

Supponiamo per esempio che A sia un potenziale nuovo cliente; supponiamo inoltre che tre siano le possibili modalità di allacciamento previste per il cliente A, che indichiamo come a, b, c. Le decisioni da prendere a riguardo di A sono così due:

- si deve decidere in merito all'allacciamento di A, cioè se allacciarlo o meno;
- in caso affermativo, occorre decidere se allacciarlo in modo a, b o c.

le seguenti due relazioni rappresentano queste decisioni:

$$x_A^a, x_A^b, x_A^c \in \{0, 1\}$$

$$x_A^a + x_A^b + x_A^c \leq 1$$

Fa parte di:

Con il contributo di:

Responsabile

Scientifico:

Partner:

Partner:

Infatti  $x_A^a$ ,  $x_A^b$  e  $x_A^c$  sono tre variabili decisionali cosiddette binarie (possono cioè valere solamente 0 o 1) che associamo alle decisioni di allacciare A in configurazione a, oppure in configurazione b, o ancora in configurazione c: la valorizzazione a 1 rappresenta la decisione affermativa (allacciamento nella configurazione corrispondente), mentre quella a 0 la decisione negativa. La seconda delle due relazioni indica così, secondo un semplice formalismo matematico, che una sola delle tre decisioni può essere affermativa, oppure nessuna delle tre.

#### 4.3 Differenze fondamentali tra i modelli dei due problemi

Le considerazioni viste sono comuni ad entrambi i problemi  $\mathbb{P}^1$  e  $\mathbb{P}^2$ : i due modelli adottati per determinare le soluzioni ottime per i due differiscono sostanzialmente negli aspetti seguenti.

$\mathbb{P}^1$  riguarda la decisione di allacciamento di un insieme di nuovi clienti potenziali, dunque:

- le decisioni da prendere riguardano aspetti di progettazione della rete: aggiunta di nuovi rami e nuovi clienti
- è necessario valutare se ad un nuovo cliente, in caso di allacciamento, è possibile fornire il servizio garantendo determinati requisiti sulla qualità dello stesso
- è inoltre necessario accertare che l'allacciamento non comporti un degrado del servizio agli utenti già presenti nel sistema
- infine, in merito a tutti i nuovi clienti che si decide di allacciare perché si ritiene che il loro allacciamento costituisca un investimento, occorre scegliere la migliore combinazione delle possibili configurazioni di allacciamento di ciascuno.

Questi aspetti consentono di adottare alcune ipotesi semplificative sugli aspetti più specificamente fisici del sistema.

infatti lo studio che deve essere condotto prevede un'analisi statica: al nuovo cliente deve essere infatti garantito il valore di picco del suo profilo di richiesta di calore, anche nell'ipotesi che esso corrisponda al momento di carico di punta del resto della rete. Inoltre, le considerazioni che devono guidare nella ricerca della soluzione ottima sono strategiche, non operative: occorre valutare se convenga allacciare il nuovo

Fa parte di:

Con il contributo di:

Responsabile

Scientifico:

Partner:

Partner:

utente, e in quale modo sia preferibile allacciarlo. Ciò nonostante, l'analisi non può prescindere completamente dalla valutazione operativa del modo in cui l'allacciamento del nuovo cliente impatta il comportamento fisico del sistema.

$\mathbb{P}^2$  riguarda invece la decisione della migliore strategia di erogazione del servizio ai clienti, nell'arco di un concordato orizzonte temporale, tipicamente giornaliero, che per facilità di rappresentazione viene discretizzato secondo una granularità temporale opportuna. La clientela e quindi la struttura della rete, sono già consolidate, dunque non compare alcun aspetto di network design; in compenso, è noto per ciascun cliente il profilo di domanda sia in termini di potenza termica che di temperatura. Occorre soddisfare i requisiti minimi di servizio ai clienti, decidendo quindi in che modo utilizzare le risorse degli impianti destinate alla produzione di calore in modo da minimizzare i costi complessivi, per esempio:

- minimizzando l'utilizzo di carburante
- mantenendo le caldaie quanto più prossime al loro punto di lavoro di massima efficienza
- in centrali a cogenerazione, coordinando la produzione di energia termica ed elettrica in modo da massimizzare il profitto della vendita di quest'ultima

Il problema ha questa volta una natura fortemente dinamica per via delle potenze termiche richieste dai clienti che, a differenza di quanto avviene per l'analisi in condizioni di carico di punta che si ha in  $\mathbb{P}^1$ , non sono costanti bensì variabili durante l'orizzonte temporale considerato. I fenomeni transitori sono di due differenti tipologie:

- idraulici: riguardano le variazioni delle variabili idrauliche (portate in massa d'acqua, pressioni), variazioni che si propagano con velocità dell'ordine di grandezza del chilometro al secondo
- termici: riguardano le variazioni di temperatura, che si propagano con velocità dell'ordine di grandezza del metro al secondo

le differenti velocità di propagazione consentono una rappresentazione quasi-dinamica, dunque più semplice di una rappresentazione completamente dinamica. Nonostante questa semplificazione e la discretizzazione del tempo, rappresentare le variabili termiche ed idrauliche come funzioni del tempo è inevitabile – da cui la complessità del modello per  $\mathbb{P}^2$ .

Fa parte di:

Con il contributo di:

Responsabile

Scientifico:

Partner:

Partner:

## 5 Risultati della sperimentazione

È già stato compiutamente delineato e testato in modo approfondito un modello di ottimizzazione per il problema  $\mathbb{P}^1$ . Alla stesura del modello hanno fatto seguito l'implementazione di un prototipo software di ottimizzazione realizzato servendosi di un ambiente di sviluppo dedicato e quindi una robusta fase sperimentale, condotta testando il modello su una porzione della rete urbana di TLR di Imola.

Le sessioni di test hanno visto la partecipazione della controparte tecnica di HERA, che ha trovato il modello capace di riprodurre accuratamente la realtà fisica di un sistema di TLR, ritenendo di grande interesse le capacità che il modello ha di guidare le decisioni strategiche di network design legate all'eventualità di allaccio di un set di nuovi clienti. Ancor più interessante è apparso il fatto che, con sforzo implementativo pressoché nullo (vale a dire cambiando solo la forma di alcune relazioni, e non la struttura del modello intero), il modello sviluppato consente potenzialmente di effettuare analisi decisionali strategiche diversificate, e può essere applicato facilmente a scenari diversi.

È attualmente in fase di messa a punto il modello di ottimizzazione per il problema  $\mathbb{P}^2$ .

Fa parte di:

Con il contributo di:

Responsabile

Scientifico:

Partner:

Partner: