

## Il Digital Twin in ambienti estremi

Per facilitare la formazione del personale tecnico invernante e per ottimizzare il dialogo tra tecnici anche in condizioni emergenziali, l'Unità Tecnica Antartide ha pianificato una digitalizzazione delle basi antartiche creando dei "gemelli digitali" ad alta risoluzione anche per la gestione di eventi emergenziali.

DOI 10.12910/EAI2025-010

di Gianluca Bianchi Fasani, Unità Tecnica Antartide; Samuele Pierattini, Dipartimento tecnologie energetiche e fonti rinnovabili, Divisione per lo Sviluppo di Sistemi per l'Informatica e l'ICT; Riccardo Scipinotti, Unità Tecnica Antartide Servizio Rapporti Istituzionali, Ambiente, Promozione e Formazione - ENEA

**A**ll'ENEA è affidata la pianificazione e l'organizzazione logistica delle attività presso le stazioni antartiche così come proposte dal Programma Nazionale di Ricerche in Antartide (PNRA - d. interm. 20 Luglio 2022, n° 170). L'Unità Tecnica Antartide dell'ENEA opera quindi nell'area del Mare di Ross dove, sin dal 1985, è operativa la Stazione stagionale Mario Zucchelli (MZS - 90 persone a regime) mentre, sin dal 2005, è chiamata a gestire le attività della Stazione permanente di Concordia (DC - 65 persone a regime). Quest'ultima, oltre ad essere la sola stazione europea ubicata nella porzione interna del continente antartico, ha il primato di essere l'unica stazione co-gestita da 2 diverse nazioni, ciò a seguito di un accordo congiunto siglato nel 1993 tra l'ENEA e l'Istituto polare francese Paul-Émile Victor. Concordia vista la sua posizione e altimetria (circa 3.230 m s.l.m.) è un luogo estremo dove si raggiungono, nel corso della lunga notte invernale, temperature minime che sfiorano i -80°C.

Al termine dell'estate australe, ad inizio febbraio, la popolazione presente a Concordia si riduce a sole 14 unità (personale invernante o Winter-Over team) che per i successivi 9 mesi rimane completamente isolata. Il WO

team oltre che dedicarsi alla raccolta dati ed alla manutenzione dei numerosi osservatori scientifici ha il fondamentale compito di preservare dalle insidie dell'inverno l'intera struttura ed i suoi preziosi e vitali impianti tecnologici.

Per facilitare la formazione del personale tecnico invernante oltre che per ottimizzare il dialogo tra tecnici anche in condizioni emergenziali, l'Unità Tecnica Antartide ha pianificato una digitalizzazione delle basi antartiche creando dei "gemelli digitali" ad alta risoluzione.

### Il gemello digitale

Il gemello digitale, o Digital Twin, è una copia virtuale di un'entità fisica, o di un sistema complesso connesso ad una parte fisica, con la quale può scambiare dati ed informazioni. Il concetto di usare un gemello digitale come mezzo per studiare un oggetto o impianto fisico reale, risale già agli anni 60 e si è evoluto fino ai giorni d'oggi. Un primo esempio risale alla missione "Apollo 13" del 1970 in cui fu usato un modello realizzato sulla Terra per trovare una soluzione alla riparazione di un componente danneggiato nella navicella spaziale in orbita. Esempi più moderni sono i simulatori di volo usati per l'addestramento dei piloti, i sistemi CAD (Computer Aided

Design) per la modellizzazione digitale e, molto più recentemente, la realtà virtuale (VR) e la realtà aumentata usate, ad esempio, per esperienze immersive nella riabilitazione motoria e cognitiva. Venendo al presente, i gemelli digitali 3D sono integrati in applicazioni in tempo reale per una migliore collaborazione, visualizzazione ed aiuto nei processi decisionali, soprattutto se combinati con dati acquisiti da fonti, dispositivi e piattaforme diversi che sono tipici dei sistemi detti "Internet of Things" (IoT). Un ulteriore campo dove il gemello digitale di un'entità fisica riveste una particolare importanza è quello dei Beni Culturali. Infatti, queste repliche digitali di opere e monumenti sono utilizzate per lo studio, il restauro "virtuale" e valorizzazione al posto delle copie reali salvaguardandone in tal modo l'integrità.

Infine, è importante sottolineare come l'utilizzo dei gemelli digitali consenta di migliorare la formazione del personale coinvolto sulla sicurezza e manutenzione di impianti complessi migliorando, in questo modo, la qualità ed i tempi di intervento con una riduzione dei costi ad essa connessi. La possibilità di visualizzare e simulare operazioni complesse in 3D, infatti, migliora l'interazione delle persone coinvolte nella gestione dell'intero

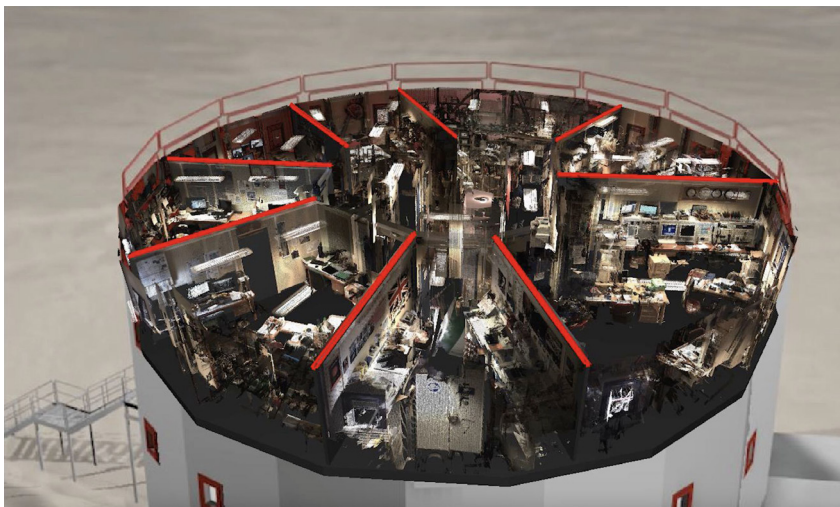


Figura 1 - Nuvola di punti dell'interno della Stazione Concordia (edificio calmo 3° piano - laboratori)

processo di realizzazione fin dalle prime fasi di progettazione all'utilizzo e manutenzione. Edifici, fabbriche, impianti, città e oggetti fisici del mondo reale in generale hanno gemelli digitali (Digital Twin) accurati che sono creati da modelli CAD, BIM o GIS tramite scansioni digitali, che sono elaborati e combinati per trasformarli in informazioni utili per l'utente finale.

### La base antartica italo-francese di Concordia e il suo Digital Twin

Con l'intento di fornire un supporto al personale invernante, nella Spedizione antartica del 2014/15 l'Unità Tecnica Antartide dell'ENEA ha eseguito scansioni con laser scanner 3D e rilievi LiDAR con drone e/o fotogrammetria finalizzati ad ottenere le nuvole di punti degli spazi interni ed esterni sia della stazione di ricerca italiana Mario Zucchelli che quella italo-francese di Concordia. DC si compone di due torri cilindriche, denominate torre calma e torre rumorosa, di diametro di circa 20 m metri e di tre piani ciascuna (circa 250 mq per ciascuna torre). All'interno trovano spazio laboratori di ricerca, alloggi e numerosi spazi comuni. All'esterno delle Stazione sono presenti ulteriori laboratori oltre che

alloggi temporanei usati solamente durante le campagne estive (summer camp e tende dormitorio).

Data la grande estensione dell'area, l'acquisizione ha comportato l'elaborazione di un'enorme mole di dati digitali che, integrati con informazioni fotografiche e testuali sotto forma di "hyperlink", ha permesso la realizzazione di un modello della Stazione (Figure 1 e 2) che è diventato uno strumento di lavoro in grado di fornire importanti ausili al personale tecnico-scientifico che ci lavora. Infatti, esso consente al personale invernante in formazione in Italia o Francia, di avere un primo contatto, seppur indiretto, con gli impianti della stazione. Quindi, una volta in loco il WO Team ha una più immediata presa di confidenza con le aree e gli impianti di pertinenza.

Inoltre, il gemello digitale di Concordia consente in condizioni emergenziali di migliorare il dialogo tra i tecnici presenti in Antartide e gli specialisti (impiantisti, elettricisti, ICT, etc) presenti in Italia e/o in Francia in quanto entrambi possono avere la medesima visione, virtuale per chi è da remoto e reale per chi è sul campo, dell'impianto oggetto di analisi.

### Accuratezza della digitalizzazione

Per la realizzazione del progetto è stata eseguita una prima fase di analisi delle planimetrie esistenti ciò al fine di pianificare al meglio la successiva attività di digitalizzazione sul campo, fase questa molto delicata poiché dall'accuratezza del dato acquisito sarebbe poi derivata la riuscita del progetto. In particolare, per la scelta della strumentazione e dei parametri ottimali per l'acquisizione, è stata fondamentale la collaborazione con la Leica Geosystems Italia che ha offerto, data l'importanza e l'innovazione del progetto, competenza e risorse strumentali, software e hardware. Lo strumento utilizzato, infatti, è stato un laser scanner Leica Geosystems P16 con caratteristiche tecniche ritenute idonee ad operare anche in condizioni estreme, specie quando l'acquisizione era eseguita all'esterno della stazione.

L'intero rilievo delle 2 torri e delle principali pertinenze ha richiesto un impegno di circa 20 giorni. Lo strumento è stato impostato per ottenere, ad una distanza di acquisizione di 10m, una risoluzione di 3,5mm. Sono state nel complesso eseguite 191 stazioni di misura per un totale di 6.900 milioni di punti ognuno dei quali distinto, oltre che per le sue coordinate spaziali, da una propria codifica in termini di valore RGB e riflettanza. Ciò ha consentito di ottenere sia un'immagine fotografica che una discriminazione del tipo di materiale.

L'ultima fase del lavoro ha visto l'esportazione dei dati acquisiti in un sistema di visualizzazione capace di consentire all'utente finale un accesso condiviso del gemello digitale di DC. A tal fine, per l'elaborazione delle nuvole di punti, si è utilizzato oltre al software Leica Cyclone per la gestione delle nuvole il software Leica "TruView Enterprise", che è un server capace di ospitare i dati e le

informazioni registrate, ed il software "TruView LIVE" che è un visualizzatore gratuito che consente la condivisione dell'intero progetto digitale e l'interazione 3D con possibilità di eseguire misure spaziali. Oltre ad accedere alle visualizzazioni, gli utenti possono collaborare attraverso la realizzazione di Geotag (metadati) e istantanee sincronizzando automaticamente commenti e modelli.

In ultimo, i modelli digitali di DC sono stati utilizzati per fornire esperienze immersive di realtà virtuale (VR). Negli a.a. 2019/20 e 20/21 gli studenti dell'Accademia di Belle Arti di Santa Giulia di Brescia hanno avuto, in piena fase COVID, l'opportunità di accedere in maniera virtuale alle aree comuni della Stazione. Tale esperienza immersiva ha consentito ai partecipanti



Figura 2 - Nuvola di punti dell'area esterna della Stazione Concordia (a sinistra edificio calmo a destra edificio rumoroso)

al corso di Design System II di cimentarsi nella riprogettazione degli interni della Stazione avendo come target il benessere del personale (spazi, ar-

redi, materiali e colori). Alcune delle idee proposte dagli studenti saranno nel prossimo futuro implementate all'interno della Base.

*per info: [gianluca.bianchifasani@enea.it](mailto:gianluca.bianchifasani@enea.it)*